

太陽風プラズマと月面局所磁場の相互作用に関する粒子シミュレーション Particle-In-Cell simulation on the interactions between the solar wind and a magnetic anomaly on the moon

梅澤 美佐子^{1*}, 臼井 英之¹, 松本 正晴¹, 西野 真木², 三宅 洋平¹

Misako Umezawa^{1*}, Hideyuki Usui¹, Masaharu Matsumoto¹, Masaki N Nishino², Yohei Miyake¹

¹ 神戸大学大学院システム情報学研究科, ² 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所

¹Graduate school of system informatics, ²JAXA/ISAS

本研究の目的は、月面で発見された磁気異常と太陽風の相互作用において特に磁気異常上空の太陽風応答や場の構造をプラズマ運動論的観点から明らかにすることである。研究手法としてプラズマ粒子シミュレーションを用いる。特に磁場密度が高い領域の空間解像度を上げるために適合格子細分化法を導入したプラズマ粒子シミュレーションコード PARMER を用いた。まずは、宇宙空間中に置かれた小型ダイポール磁場を想定し、それと太陽風プラズマの相互作用に関する基礎的なシミュレーションを行った。その後、月面磁気異常の具体例としてはライナーガンマに着目し、その太陽風との相互作用に関するシミュレーション解析を行った。

我々が対象としている代表的なダイポール磁場は、その中心と太陽風動圧の釣り合い点との距離が太陽風イオンの慣性長よりも小さくかつ電子ジャイロ半径よりは十分大きい、いわゆるメソスケール規模を想定している。地球規模のダイポール場と違い、メソスケール磁場の場合、磁場に対する電子とイオンのダイナミクスの違いが磁気圏形成やそれに関連するプラズマ現象に大きく影響すると予想される。すなわち、磁場を媒介した電子とイオンのスケールカップリングが重要となる。これまでのシミュレーション結果では、イオンラーマ半径より小さい磁場構造においてもメソスケールの磁気圏が形成されることがわかった。太陽風動圧と磁場の釣り合い点近傍において、イオンと電子の電荷分離が生じ、その結果生じる局所電場により、本来このスケールでは非磁化とみなされるイオン流も大きく影響を受けることを明らかにした。メソスケール磁気圏形成時における磁気圏前面でのプラズマ環境に特に着目し、電場構造や太陽風の速度分布や反射成分の有無についての解析結果を示す。

また月面磁気異常の一例としてはライナーガンマをモデルとして採用しそのプラズマ粒子シミュレーションを行った。太陽風に対してダイポール磁場がほぼ垂直に位置するため、ライナーガンマ上空ではプラズマおよび磁場密度の増加がみられるが、IMFの方向によってその違いがみられた。また磁場の影響により太陽風イオンがライナーガンマ領域の月面にほとんど達しないことも明らかになった。これらの現象について月面上空でのプラズマダイナミクスや電界構造を考慮しつつ議論する。

キーワード: プラズマ粒子シミュレーション, 磁気異常, 小型ダイポール磁場, 太陽風, ライナーガンマ

Keywords: Plasma particle simulation, magnetic anomaly, small-scale magnetic dipole, solar wind, Reiner Gamma